

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁸ G11B 5/82	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특1999-0062685 1999년 07월 26일
(21) 출원번호	10-1998-0052202	
(22) 출원일자	1998년 12월 01일	
(30) 우선권주장	97-330499 1997년 12월 01일 일본(JP)	
(71) 출원인	닛본 덴기 가부시끼가이샤 가네코 히사시	
(72) 발명자	일본국 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 7방 1고 하야시 가즈히코	
(74) 대리인	일본 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 7-1 닛본 덴기 가부시끼가이샤 내 구영창, 주영민	

심사청구 : 있음

(54) 자기 저항 효과 소자 및 그 제조 방법

요약

본 발명은 금속 반강자성층 및/또는 페리 자성층의 조합으로 이루어진 자화 고정층의 초격자를 구성하는 층의 두께를 제어함으로써, 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절할 수 있는 자기 저항(MR) 효과 소자를 제공한다.

도표도

도8

발명서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 막 두께와 자화 가능 온도간의 관계를 도시하는 도면.
도 2는 실드형 MR 소자의 전형적인 구성을 도시하는 도면.
도 3은 실드형 MR 센서의 다른 전형적인 구성을 도시하는 도면.
도 4는 기록/재생 헤드의 개략적 구성을 도시하는 도면.
도 5는 자기 기록/재생 헤드의 개략적 구성을 도시하는 도면.
도 6은 자기-저항(MR) 효과 소자의 전형적인 구성의 8가지 예(A - H)를 도시하는 도면.
도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

- 1: 기판
2, 12: 하부 실드층
5, 15: 하부 전극층
6, 16: 자기 저항 효과 소자
7: 겹 규정 절연층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자기 기록 매체(magnetic recording medium) 상에 기록된 신호 정보를 판독하기 위한 자기 저항 효과 소자(magneto-resistance effect element), 뿐만 아니라 자기-저항 효과 센서(magneto-resistance effect sensor), 자기 저항 효과 검출 시스템, 및 이러한 자기 저항 효과 소자를 사용하는 자기 기억 시스템(magnetic storage system)에 관한 것이다.

종래의, 자기 판독 변환기(magnetic reading converter)는 MR 센서 또는 MR 헤드로서 공지되어 있다. 큰 선형 밀도(linear density)를 갖는 자성 표면(magnetic surface)으로부터 데이터를 판독할 수 있음이 공지되어 있다. MR 센서는 저항 변화를 통한 자체 신호를 판독 소자에 의해 감지된 자속(magnetic

(flux)의 강도와 방향의 함수로서의 겹친다. 이러한 종래 기술의 MR 센서는 판독 소자의 저항 성분이 소자 내로 흐르는 자화 방향과 감지 전류와의 사이의 코사인각의 제곱에 비례하여 변화하는 이방성 자기-저항(anisotropic magneto-resistance:AMR) 효과에 따라 동작한다. AMR 효과에 대한 좀더 상세한 설명은 O. A. Thomson 등에 의한, Memory, Storage and Related Application IEEE Trans. On Mag. MAG-11, p.1039(1975)에 기재되어 있다. AMR 효과를 이용하는 자기 헤드에서, 바크하우스젠 노이즈(Barkhausen noise)를 억압하기 위해 통상 종축 바이어스를 인가한다. 이러한 종축 바이어스는 예를 들어, FeMn, NiMn, 및 니켈 산화물 등의 반강자성 재료를 사용함으로써 인가된다.

또한, 최근의 공보에서는 적층 자기 센서의 저항 변화가 비자성층을 통한 자성층 간의 전도 전자 스핀-의존 전송(conductive electron spin-dependent transmission)에 기여하고, 홀 바운더리 표면 상에서의 스핀-의존성 스캐터링에 의해 수반되는 좀더 현저한 자기-저항 효과에 대해 기술하고 있다. 이러한 자기-저항 효과는 거대 자기 저항 효과 및 스핀 밸브 효과 등의 다양한 명칭으로 불려진다. 이러한 MR 센서는 AMR 효과를 이용하는 센서보다 감도가 개선되고 저항 변화가 더 큰 적절한 재료로 이루어진다. 이러한 유형의 MR 센서에서, 비자성층에 의해 절연된 한쌍의 페리 자성층 간의 평면 내(in-plane) 저항은 두개층의 자화 방향에 의해 정의되는 코사인 각에 비례하여 변화한다.

우선일이 1998년 6월인 일본 특허 제 A-02-61572호 [1]은 자성층 내에서 반평행 정렬(anti-parallel arrangement)에 의한 자화에 의해 생긴 높은 MR 변화를 갖는 적층 자성 구조(a layered magnetic configuration)를 개시하고 있다. 상기 문헌[1]은 적층 구성에 사용될 수 있는 재료로서 강자성의 전이 금속 및 합금이 기재되어 있다. 또한, 문헌[1]은 반강자성층이 중간층(intermediate layer)에 의해 분리된 두개의 페리 자성층 중 적어도 하나에 부가되고 이러한 반강자성층이 바람직하게는 FeMn으로 만들어짐을 개시한다.

우선일이 1990년 12월 11일자인 일본 특허 제 A-04-358310호 [2]는 비자성 금속 박막층으로 절연된 두개의 강자성 박막층을 갖는 MR 센서로서, 인가되는 자계가 0일 때, 두개의 강자성 박막층이 상호 수직인 방향으로 교차하는 자화 방향을 갖고 이러한 비결합된 두개의 강자성층 간의 저항은 센서를 통하여 흐르는 전류에 관계없이 두개층의 자화 방향으로 정의되는 코사인 각에 비례하여 변화하는 MR 센서가 개시되어 있다.

우선일이 1992년 8월 28일자인 일본 특허 제 A-06-203340호 [3]은 상술한 효과에 기초하고 비자성 금속 박막층에 의해 절연되는 두개의 강자성 박막층을 갖는 MR 센서로서, 인가되는 외부 자계가 0일 때, 페리 자성층 중 하나에 인접한 반강자성층의 자화가 다른 페리 자성층에 대하여 수직으로 유지되는 MR 센서가 개시되어 있다.

1994년 3월 24일 출원된 일본 특허 제 A-07-262529호 [4]는 제1 자성층, 비자성층, 제2 자성층, 및 반강자성층의 적층 구성을 갖고, 상기 제1 및 제2 자성층은 CoZrNb, CoZrMo, FeSiAl, FeSi, 또는 NiFe 재료들을 사용하고 또는 이것에 Cr, Mn, Pt, Ni, Cu, Ag, Al, Ti, Fe, Co 및 Zn를 함유하는 재료를 사용하는 핀 벌브(pin bulb)로 된 자기 저항 효과 소자를 개시한다.

1993년 12월 27일 출원된 일본 특허 제 A-07-202292호 [5]는 기판 상의 비자성층을 통하여 적층된 복수의 자성 박막과, 비자성 박막에 의해 분리된 연 자성 박막 중 하나에 인접하여 제공된 반강자성 박막을 갖는 자기 저항 효과막을 개시하며, 상기 반강자성 박막은 다른 연 자성 박막이 갖는 보자력(coercive force)이 Hc2일때 큰 보자력이 그보다 큰, Hc2 < Hc1인 기본 자계를 갖고, 이러한 반강자성막은 NiO, CoO, FeO, Fe₃O₄, MnO, 및 Cr의 적어도 한 종류 또는 그 혼합물로 된다.

또한, 1994년 9월 8일자 출원된 일본 특허 출원 제 6-214837호 [6]과 1994년 11월 2일 출원된 일본 특허 공보 A-08-127864호 [7]은 자기 저항 효과막을 개시하는 것으로, 상술한 반강자성막은 NiO, NixCO_{1-x}O(여기서, x=0.1 내지 0.9) 및 CoO로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 두개의 재료로 된 초격자이다.

또한, 1995년 1월 27일자 출원된 일본 특허 공보 제 A-08-204253호 [8]은 전술한 반강자성막이 자기 저항 효과막이 NiO, NixCO_{1-x}O, 및 CoO로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 두개의 재료로 된 초격자이고, 초격자 내에서 Co에 대한 Ni의 원자비는 1.0 또는 그 이상이다.

또한, 일본 특허 출원 제 7-136670호 [9]는 전술한 반강자성막이 NiO층 상에 CoO가 10 내지 40Å로 형성된 두개층으로 된 막으로 된 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과막을 개시한다.

실제로 기록/재생 헤드 상에 자기 저항(이하, MR로서 언급) 효과 소자를 장착할 때, MR 효과 소자가 형성된 이후 기록 헤드 블록을 형성하는 포토레지스트 경화 공정을 포함하여 여러가지 열처리가 요구된다. 그러나, 스핀 밸브형 MR 효과 소자의 경우, 반강자성층의 자화는 열처리에 의해 회전되므로, 이러한 스핀 밸브는 MR 효과 소자로서 정상적으로 동작하지 않을 수도 있다. 이에 대처하기 위해, 기록 헤드 블록 및 재생 헤드 블록을 형성한 다음, 반강자성층의 자화 방향을 정정할 필요가 있다. 그러나, 만약 이러한 정정 처리에 인가되는 온도가 너무 높으면, 다음의 두가지 문제가 발생한다.

만약 스핀 밸브형 MR 효과 소자가 미소한 히스테리시스 즉, 자계 의존 특성에 있어서 재생 헤드로서 미소한 노이즈를 갖는다면, 자유 자성층의 보자력을 낮출 필요가 있다. 이에, 자유 자성층의 자화 방향을 반강자성층의 자화 방향에 대해 거의 수직으로 유지하는 것이 효과적이다. 그러나, 반강자성층의 자화 방향을 정정하기 위해 인가되는 자계의 방향은 자화를 용이하게 하는 쪽에 수직이다. 따라서, 만약 처리 온도가 너무 높으면, 자유 자성층의 자화를 용이하게 하는 쪽은 반강자성층의 자화 방향과 거의 평행이 되어 재생 헤드의 노이즈 특성을 저하시키게 된다. 또한, 만약 스핀 밸브가 높은 온도에서 열처리되면, 비자성층은 자성층 내로 확산(disperse)되고, 차례로 저항 변화율이 감소되어, 재생 헤드의 출력을 저하시킬 수 있게 된다.

한편, 저온에서 반강자성층의 자화 방향을 정정할 수 있는 재료를 사용할 때, 반강자성층의 자화는 하드 디스크 장치의 동작 환경 온도에서도 고정된 외부 자계에 의해 회전된다. 즉, 신뢰성을 확보하기가 어려워진다. 기록/재생 헤드의 제조 절차를 포함하는 최적의 스핀 밸브 재료 설계라는 관점에서 볼때, 반

강자성층의 자화 방향이 회전되는 점에서의 온도를 변화시킬 수 있어 즉, 전술한 자화 방향을 보정하기 위한 열 처리 온도를 변화시킬 수 있게 된다는 점이 중요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 자화 방향의 회전을 야기시키는 온도를 조절할 수 있는 자기 저항(MR) 효과 소자를 제공하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 자기 저항 효과 헤드, 자기 저항 검출 시스템, 및 전술한 MR 효과 소자를 사용하는 자기 기억 시스템을 제공하는 데 있다.

상술한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 기본 구성이 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및 자화 고정층으로 된, 또는 자화 고정층, 고정 자성층, 비자성층, 및 자유 자성층의 기본 구성으로 된 다중막 구성을 갖는 자기 저항 효과 소자를 제공하는 것으로, 상기 자화 고정층은 초격자로 된 금속 반강자성층으로 이루어지거나 또는 적어도 두개의 다른 재료로 구성된 금속 페리 자성층으로 이루어진 것을 특징으로 한다.

적어도 두개의 다른 재료로 된 초격자에서, 각 층은 초 교환 결합(superexchange interaction)에 의해 상호 접속되어, 단일층과 유사한 교환 결합 특성을 나타낸다. 그러나, 교환 결합 자체 및 자화 방향을 회전시키게 되는 온도는 층 간의 막 두께비 뿐 아니라 각 층의 특성 및 그 막 두께에 따라 변동된다.

도 1은 초격자를 구성하는 두가지 유형의 반강자성 재료 간의 자화 가능 온도(magnetization-enabled temperature)와 막 두께비 간의 관계를 도시한다. 이들 두개의 반강자성 재료는 자화 고정층이 회전하여 단방향으로 배향될 수 있는 점에서의 열처리 온도가 다르다. 막 두께비가 변화됨에 따라, 자화 가능 온도 또한 연속하여 변화된다.

초격자를 형성하지 않는 두개 이상의 재료를 혼합물로서 형성하는 경우에는, 그 혼합비에 따라 교환 결합 특성이 연속적으로 변화하지는 않음이 관찰된다. 또한 특정한 재료의 소정의 혼합비에서도 교환 결합 특성이 생기지 않음이 관찰된다. 대부분의 반강자성 재료와 강자성 재료에서, 이들의 자성 특성을 나타내기 위해 규칙적인 구조 또는 비정질 구조가 요구된다. 따라서, 소정 범위 내에 있는 막 조성보다 넓을 필요는 없다. 간단한 혼합물의 경우, 이 혼합물은 이러한 조성 범위를 벗어나 완전히 다른 구조를 가질 가능성이 있어 완전히 다른 자성 특성을 갖게 된다. 반대로, 초격자의 경우 각 층 내에서는 최적의 조성비가 유지되어 이러한 조성 및 구조에 기초한 자성 특성을 보유한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에 사용되는 실드형 소자(shield-type element)로서, 도 2 및 도 3에 도시된 자기 저항(MR) 센서의 구성을 사용하는 것이 가능하다.

도 2의 MR 센서에서, 기판(1) 상에 하부 실드층(2), 하부 갭층(3), 및 자기 저항 효과 소자(6)가 형성되고, 이 자기 저항 효과 소자(6)는 갭 규정 절연층(7)으로 피복될 수 있다. 하부 실드층(2)은 종종 포토 레지스트(PR) 공정에 의해 적절한 크기로 패터닝된다. 자기-저항(MR) 효과 소자(6)는 적절한 크기로 패터닝되어 포토레지스트 공정에 의해 구성된다. MR 효과 소자(6)의 단에 인접하여, 증축 바이머스층(4)과 하부 전극층(5)이 순차적으로 연속 형성된다. 하부 전극층(5) 상에, 상부 갭층(8) 및 상부 실드층(9)이 연속하여 형성된다.

도 3의 MR 센서에서, 기판(11) 상에 하부 실드층(12), 하부 갭층(13), 및 자기 저항(MR) 효과 소자(16)가 형성된다. 하부 실드층(12)은 종종 포토레지스트 공정에 의해 적절한 크기로 패터닝된다. 자기 저항 효과 소자(16)는 적절한 크기로 패터닝된 다음 포토레지스트 공정에 의해 구성된다. MR 효과 소자(16)는 일부는 증축 바이머스층(14) 및 하부 전극층(5)에 의해 연속하여 순차적으로 피복된다. 이후, 상부 갭층(18) 및 하부 실드층(19)이 순차적으로 연속 형성된다.

도 2 및 도 3의 하부 실드층(2, 12)은 NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi 합금, FeAlSi, 마연 질화계 재료로 될 수 있으며, 그 두께는 0.3 내지 10 μm 범위 내에 있다. 하부 갭층(3, 13)은 알루미늄, SiO₂, 알루미늄 질화물, 실리콘 질화물, 다이아몬드 라이크 카본 등으로 될 수 있고, 그 두께는 0.01 내지 0.20 μm 범위 내가 바람직하다. 하부 전극층(5, 15)은 바람직하게는 Zr, Ti, 및 Mo으로 된 단일 재료 또는 합금으로 될 수 있으며, 막 두께는 바람직하게는 0.01 내지 0.10 μm 범위 내에 있다.

증축 바이머스층(4, 14)은 CoCrPt, CoCr, CoCrTa, FeMn, NiMn, PtPdMn, ReMn, PtMn, CrMn, Ni 산화물, 마연 산화물, Ni 산화물과 Co 산화물과의 혼합물, Ni 산화물과 Fe 산화물과의 혼합물, Ni 산화물/Co 산화물로 된 2개층막, Ni 산화물/Fe 산화물로 된 두개층막 등으로 될 수 있다. 갭 규정 절연층(7)은 알루미늄, SiO₂, 알루미늄 질화물, 실리콘 질화물, 다이아몬드 라이크 카본 등으로 될 수 있으며, 그 두께는 바람직하게는 0.005 내지 0.05 μm 범위 내에 있다.

상부 갭층(8, 18)은 알루미늄, SiO₂, 알루미늄 질화물, 실리콘 질화물, 다이아몬드 라이크 카본 등으로 될 수 있으며, 막 두께는 바람직하게는 0.01 내지 0.20 μm 에 있다. 상부 실드층(9, 19)은 NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi 합금, FeAlSi, 마연 질화계 재료로 될 수 있으며, 그 두께는 0.3 내지 10 μm 범위 내에 있다.

이러한 실드형 소자는 유도성 코일(inductive coil)을 사용하여 기입 헤드 불력을 형성함으로써 단일의 기록/재생 헤드로 형성될 수 있다.

도 4는 이러한 기록/재생 헤드의 개략적인 구성을 도시한다. 이러한 기록/재생 헤드는 본 발명에 따른 MR 소자를 사용하는 재생 헤드와 유도형 기록 헤드로 구성된다. 본 예에서, 증축 자기 기록 헤드가 탑재된다. 그러나, 본 발명에 따른 자기 저항(MR) 효과 소자는 수직으로 기록하기 위한 수직 자기 기록

헤드와 조합되어 사용할 수도 있다. 이러한 기록/재생 헤드는 기판(50) 상에 형성된 하부 실드막(82), 자기 저항 효과막(10), 전극(40), 및 상부 실드막(81)을 포함하는 재생헤드 블럭과, 하부 자성막(84), 코일(41), 및 상부 자성막(84)을 포함하는 기록 헤드 블럭을 포함한다. 여기서, 상부 실드막(81)과 하부 자성막(84)은 단일 부재를 공유할 수 있다. 이러한 기록/재생 헤드는 기록 매체 상에 신호를 기입할 수 있고 이 기록 매체로부터 신호를 판독할 수 있다. 그리하여, 재생 헤드 블럭은 기록 헤드 블럭의 자성 갭을 갖는 단일의 슬라이더 상에 형성된 감지부(sensing portion)를 갖는다. 이는 단일 트랙 상에 동시에 위치 결정을 할 수 있게 한다. 슬라이더 상에 위치한 이러한 기록/재생 헤드는 자기 기록/재생 장치 상에 탑재된다.

도 5는 본 발명에 따른 자기 저항 효과 소자를 사용하는 자기 기록/재생 장치의 개략적 구성을 도시한다. 자기 저항(MR) 효과막(45)과 전극(40)은 헤드 슬라이더(90)로서도 동작하는 기판(50) 상에 형성되어, 이를 기록 매체(91) 상에 위치결정되어 재생을 수행한다. 기록 매체(91)가 회전하면서 헤드 슬라이더(91)는 기록 매체(91)로부터 0.2 μm 높이에서 또는 상기 기록 매체(91)와 접촉하여 상대 운동을 수행한다. 이러한 메카니즘에 의해 자기 저항 효과막(45)이 기록 매체(91) 상에 기록된 자기적 신호를 그 두께된 자계로부터 판독하기 위해 위치 결정된다.

도 6의 (a) 내지 6의 (h)는 본 발명에 사용된 자기 저항 효과 소자이 막 구성의 개략적 예를 도시한다.

도 6의 (a)는 기판(100) 상에 기저층(undercoating layer: 101), 제1 자유층(102), 비자성층(104), MR 인헨스층(105), 고정 자성층(106), 반강자성층(107), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (b)는 기판(100) 상에 기저층(101), 제1 자유층(102), 제2 자유층(103), 비자성층(104), MR 인헨스층(105), 고정 자성층(106), 반강자성층(107), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (c)는 기판(100) 상에 기저층(101), 제1 자유층(102), 비자성층(104), 고정 자성층(106), 반강자성층(107), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (d)는 기판(100) 상에 기저층(101), 반강자성층(107), 고정 자성층(106), 비자성층(104), 제2 자유층(103), 제1 자유층(102), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (e)는 기판(100) 상에 기저층(101), 반강자성층(107), 고정 자성층(106), MR 인헨스층(105), 비자성층(104), 제1 자유층(102), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (f)는 기판(100) 상에 기저층(101), 반강자성층(107), 고정 자성층(106), 비자성층(104), 제2 자유층(103), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (g)는 기판(100) 상에 기저층(101), 반강자성층(107), 고정 자성층(106), 비자성층(104), 제1 자유층(102), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

도 6의 (h)는 기판(100) 상에 기저층(101), 반강자성층(107), 고정 자성층(106), 비자성층(104), 제2 자유층(103), 및 보호층(108)이 이 순서대로 연속하여 형성된 적층 구조를 도시한다.

기저층은 적어도 하나의 금속으로 된 단일층 막, 혼합막, 다중층 막일 수 있다. 더 상세히는, Ta, Hf, W, Cr, Ti, Mo, Pt, Ni, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, 및 V로 된 단일층막, 혼합막, 또는 다중층막이다. 제1 자유층과 제2 자성층은 NiFe, NiFeCo, FeCo, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi 합금, 비정질 자성 재료로 형성될 수 있으며 그 두께는 바람직하게는 1 내지 10 nm 범위 내에 있다.

비자성층은 바람직하게는 Cu 재료, Cu에 1 내지 20at%의 Ag를 첨가한 재료, Cu에 1 내지 20at%의 Re를 첨가한 재료로 이루어질 수 있으며, 그 막 두께는 2 내지 4nm이다.

MR 인헨스층은 Co, NiFeCo 등으로 이루어질 수 있으며, 또는 CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi 합금, 또는 비정질 자성 재료로 형성될 수 있으며 그 두께는 바람직하게는 0.5 내지 5 nm 범위 내에 있다. MR 인헨스층이 사용되지 않을 때, MR 비는 MR 인헨스층이 사용될 때 보다 미소하게 저하된다. 그러나, MR 인헨스층이 없는 경우는 공정 단계의 감소를 가져온다.

고정 자화층은 Co, Ni, Fe를 기초 재료로서 사용하는 단일재, 합금 또는 적층막으로 그 두께는 바람직하게는 1 내지 50 nm 범위 내에 있다.

보호층은 금속, 산화물, 질화물, 실화물과 산화물과의 혼합물 또는 금속/산화물의 혼합물 또는 2개층 금속막/(산화물 및 질화물의 혼합물) 2개층막으로 이루어질 수 있다. 전형적인 2개층막은 Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Ta, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au로 된 산화물 및 질화물의 단일재 또는 혼합물, 또는 Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, Ni, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, V, V로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 소자를 포함하는 단일재 또는 합금을 상기 산화물 또는 질화물의 단일재 또는 혼합물과 조합하여 사용함으로써 이루어진다.

[예]

우선, FeMn, PtMn, TbCo, TbFeCo, 및 NiMn의 단층막을 이용하여 자기 저항 효과 소자를 준비하여, 그들의 특성을 조사하였다. 막 구성은 다음과 같다: 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층(magnetization-fixing layer), Ta(3 nm). 배압이 5×10^{-7} 로 설정된 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여 성막이 행해졌다. 얻어진 자기 저항 효과 소자에 대하여, 이하에 정의된 저항 변화를, 교환 결합 자계, 및 자화 가능 온도를 구하였다.

저항 변화율 : (최대 저항값 - 최소 저항값)/최소 저항값 $\times 100$

교환 결합 자계 : 실온에서 자화 고정층으로부터 고정층에 인가되는 교환 결합 자계(0e)

자화 가능 온도 : 5 시간동안 5×10^{-7} Torr의 진공 속에서, 주위의 자계가 없는 고정층의 자화 방향과 반대 방향으로 500 0e의 자계를 인가하였다. 이러한 상태에서, 온도를 올려 VSM(vibrating sample magnet)으로 자화 곡선을 관찰했을 때, 고정층의 자화 초기 상태와는 다른 한 방향으로 고정층의 자화가 정렬되었을 때 (즉, 초기 상태와는 다른 한 방향으로 자화 고정층의 자화가 정렬되었을 때) 결정되는 온도, 즉 자화 가능 온도

자화 고정층	MR 비	Hex(0e)	자화 가능 온도
Fe50Mn50 (10nm)	7.0	430	120
Pt50Mn50 (10nm)	5.1	520	190
Ir20Mn80 (30nm)	6.2	460	170
Ni50Mn50 (30nm)	4.3	660	220
Tb28Co72 (8nm)	7.5	480	130
Tb30Fe30Co40 (8nm)	7.7	490	130

[예 A1]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni50 Mn50 및 Fe50Mn50의 초격자를 이용하였다. FeMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 FeMn층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 1은 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 FeMn층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 2는 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다. 표 3 및 표 4는 NiMn막 두께비를 0.5로 고정하는 한편, NiMn층과 FeMn층의 총 두께를 변화시켰을 때의 교환 결합 자계 및 자화 가능 온도를 각각 나타낸다. 교환 결합 자계 및 자화 가능 온도는 총 막 두께가 5 nm 이하일 때 거의 일정했지만, 그들의 총 두께가 5 nm를 초과했을 때에는 감소되며, 단층인 FeMn의 값에 가까운 값을 나타내었다. 1층 당 막 두께의 증대에 따라, 고정층과 직접 접하는 FeMn층으로부터의 영향이 증대되는 것이라고 고려된다.

[표 1]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 FeMn층의 총 두께)	
NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(0e)
0	430
0.3	550
0.5	540
0.7	630
1	660

[표 2]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	120
0.3	140
0.5	172
0.7	193
1	220

[표 3]

교환 결합 자계에 관련된 총 막 두께 총 막 두께 = NiMn층과 FeMn층의 총합)	
총 막 두께 (nm)	교환 결합 자계(Oe)
0.2	550
0.3	570
0.5	540
0.7	470
0.8	430
1	420

[표 4]

자화 가능 온도에 관련된 총 막 두께	
총 막 두께 (nm)	자화 가능 온도(°C)
0.2	172
0.3	172
0.5	170
0.7	150
0.8	134
1	123

[예 A2]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni50 Mn50 및 Fe50Mn50의 초격자를 이용하였다. NiMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 FeMn층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 5는 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 FeMn층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 6은 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다. 표 7 및 표 8은 NiMn막 두께비를 0.5로 고정하는 한편, NiMn층과 FeMn층의 총 두께를 변화시켰을 때의 교환 결합 자계 및 자화 가능 온도를 각각 나타낸다. 교환 결합 자계 및 자화 가능 온도는 총 막 두께가 5 nm 이하일 때 거의 일정했지만, 그들의 총 두께가 5 nm를 초과했을 때에는 감소되어, 단층인 FeMn의 값에 가까운 값을 나타내었다. 1층 당 막 두께의 증대에 따라, 고정층과 직접접하는 FeMn층으로부터의 영향이 증대되는 것이라고 고려된다.

[표 5]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 FeMn층의 총 두께)	
NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	420
0.3	520
0.5	590
0.7	600
1	660

[표 6]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	120

0.3	152
0.5	168
0.7	192
1	220

[표 7]

교환 결합 자계에 관련된 총 막 두께 총 막 두께 = NiMn층과 FeMn층의 총합)	
총 막 두께 (nm)	교환 결합 자계(Oe)
0.2	550
0.3	540
0.5	560
0.7	590
0.8	610
1	660

[표 8]

자화 가능 온도에 관련된 총 막 두께	
총 막 두께 (nm)	자화 가능 온도(°C)
0.2	172
0.3	171
0.5	171
0.7	188
0.8	187
1	220

[예 A3]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni₅₀Mn₅₀ 및 Pt₅₀Mn₅₀의 초격자를 이용하였다. NiMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 PtMn층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 9는 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 PtMn층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 10은 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 9]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 PtMn층의 총 두께)	
NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	520
0.3	580
0.5	580
0.7	630
1	660

[표 10]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	190
0.3	201
0.5	203
0.7	202
1	220

[예 A4]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni₅₀Mn₅₀ 및 Tb₂₈Co₇₂의 초격자를 이용하였다. NiMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 TbCo층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 11은 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 TbCo층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 12는 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 11]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 TbCo층의 총 두께)	
NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	480
0.3	550
0.5	580
0.7	630
1	660

[표 12]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	130
0.3	158
0.5	174
0.7	194
1	220

[예 A5]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni₅₀Mn₅₀ 및 Tb₃₀Fe₃₀Co₄₀의 초격자를 이용하였다. NiMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 TbFeCo층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 13은 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 TbFeCo층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 14는 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 13]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 TbFeCo층의 총 두께)	
--	--

NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(0e)
0	490
0.3	540
0.5	560
0.7	600
1	660

[표 14]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	130
0.3	149
0.5	174
0.7	180
1	220

[예 A6]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Ni₅₀Mn₅₀ 및 Ir₂₀Mn₈₀의 초격자를 이용하였다. NiMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. NiMn층과 IrMn층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 15는 NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 IrMn층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 16은 NiMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 NiMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 15]

교환 결합 자계에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn막 두께비 = (NiMn층 두께)/(NiMn층과 IrMn층의 총 두께)	
NiMn 막 두께비	교환 결합 자계(0e)
0	460
0.3	530
0.5	550
0.7	600
1	660

[표 16]

자화 가능 온도에 관련된 NiMn막 두께비	
NiMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	170
0.3	186
0.5	191
0.7	201
1	220

[예 A7]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Pt₅₀Mn₅₀ 및 Fe₅₀Mn₅₀의 초격자를 이용하였다. PtMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. PtMn층과 FeMn층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 17은 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 FeMn층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 18은 PtMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 PtMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 17]

교환 결합 자계에 관련된 PtMn막 두께비 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 FeMn층의 총 두께)	
PtMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	430
0.3	460
0.5	470
0.7	500
1	530

[표 18]

자화 가능 온도에 관련된 PtMn막 두께비	
PtMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	120
0.3	137
0.5	151
0.7	168
1	190

[예 A8]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Pt50 Mn50 및 Tb28Co72의 초격자를 이용하였다. PtMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. PtMn층과 TbCo층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 19는 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 TbCo층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 20은 PtMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 PtMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 19]

교환 결합 자계에 관련된 PtMn막 두께비 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 TbCo층의 총 두께)	
PtMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	480
0.3	500
0.5	500
0.7	500
1	520

[표 20]

자화 가능 온도에 관련된 PtMn막 두께비	
PtMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	130
0.3	147
0.5	164
0.7	169
1	190

[예 A9]

다음에, 유리 기판, Ta(3 nm), NiFe(6 nm), Cu(2.7 nm), CoFe(2 nm), NiFe(1 nm), 자화 고정층, 및 Ta(3 nm)를 포함하는 구성에서, 자화 고정층으로서 Pt₅₀Mn₅₀ 및 Tb₃₀Fe₃₀Co₄₀의 초격자를 이용하였다. PtMn층이 고정 자성층과 접하도록 형성되었다. 자화 고정층은 막 전체의 두께가 30 nm가 되도록 설정되었다. PtMn층과 TbFeCo층은 막의 총 두께가 3 nm가 되도록 설정되었다. 표 21은 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 TbFeCo층의 총 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 22는 PtMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 PtMn막 두께비의 증가에 따라 거의 연속적으로 증가되었다.

[표 21]

교환 결합 자계에 관련된 PtMn막 두께비 PtMn막 두께비 = (PtMn층 두께)/(PtMn층과 TbFeCo층의 총 두께)	
PtMn 막 두께비	교환 결합 자계(Oe)
0	490
0.3	500
0.5	510
0.7	510
1	520

[표 22]

자화 가능 온도에 관련된 PtMn막 두께비	
PtMn 막 두께비	자화 가능 온도(°C)
0	130
0.3	146
0.5	157
0.7	169
1	190

[실시예 A10]

다음에, 유리 기판을 포함하는 구성에서, Ta (3nm), NiFe (6nm), Cu (2.7nm), CoFe (2nm), NiFe (1nm), 고정 자성층, 및 Ta (3nm), Ir₂₀Mn₈₀ 과 Fe₅₀Mn₅₀의 초격자가 자화 고정층으로 사용되었다. IrMn층이 형성되어 고정 자화층과 접촉하게 된다. 전체 막두께가 30nm가 되도록 자화 고정층이 설정된다. 전체 막두께가 3nm가 되도록 IrMn층과 FeMn층이 설정되었다. 표 23은 IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (IrMn층과 FeMn층의 전체 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계(exchange interaction magnetic field)를 나타낸다. 표 24는 IrMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 IrMn 막 두께비의 증가에 따라 거의 지속적으로 증가하였다.

[표 23]

교환 결합 자계에 관련된 IrMn 막 두께비 IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (IrMn층과 FeMn층의 전체 두께)	
IrMn 막 두께비	교환 결합 자계 (Oe)
0	430
0.3	450
0.5	460
0.7	450
1	460

[표 24]

자화 가능 온도에 관련된 IrMn 막 두께비	
IrMn 막 두께비	자화 가능 온도 (°C)
0	120
0.3	134
0.5	143
0.7	150
1	170

[실시예 A11]

다음에, 유리 기판을 포함하는 구성에서, Ta (3nm), NiFe (6nm), Cu (2.7nm), CoFe (2nm), NiFe (1nm), 고정 자성층, 및 Ta (3nm), Ir₂₀Mn₈₀ 과 Tb₂₈Co₇₂의 초격자가 자화 고정층으로 사용되었다. IrMn층이 형성되어 고정 자성층과 접촉하게 된다. 전체 막두께가 30nm가 되도록 자화 고정층이 설정된다. 전체 막두께가 3nm가 되도록 IrMn층과 TbCo층이 설정되었다. 표 25는 IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (TbCo층과 FeMn층의 전체 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 26은 IrMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 IrMn 막 두께비의 증가에 따라 거의 지속적으로 증가하였다.

[표 25]

교환 결합 자계에 관련된 IrMn 막 두께비	
IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (IrMn층과 TbCo층의 전체 두께)	
IrMn 막 두께비	교환 결합 자계 (Oe)
0	480
0.3	470
0.5	470
0.7	460
1	460

[표 26]

자화 가능 온도에 관련된 IrMn 막 두께비	
IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (IrMn층과 TbCo층의 전체 두께)	
IrMn 막 두께비	자화 가능 온도 (°C)
0	130
0.3	144
0.5	152
0.7	156
1	170

[실시예 A12]

다음에, 유리 기판을 포함하는 구성에서, Ta (3nm), NiFe (6nm), Cu (2.7nm), CoFe (2nm), NiFe (1nm), 고정 자성층, 및 Ta (3nm), Ir₂₀Mn₈₀ 과 Tb₃₀Fe₃₀Co₄₀의 초격자가 자화 고정층으로 사용되었다. IrMn층이 형성되어 고정 자성층과 접촉하게 된다. 전체 막두께가 30nm가 되도록 자화 고정층이 설정된다. 전체 막두께가 3nm가 되도록 IrMn층과 TbFeCo층이 설정되었다. 표 27은 IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (TbFeCo층과 FeMn층의 전체 두께)의 변화에 따른 교환 결합 자계를 나타낸다. 표 28은 IrMn막 두께비의 변화에 따른 자화 가능 온도를 나타낸다. 교환 결합 자계와 자화 가능 온도는 IrMn 막 두께비의 증가에 따라 거의 지속적으로 증가하였다.

[표 27]

교환 결합 자계에 관련된 IrMn 막 두께비	
IrMn 막 두께비 = (IrMn층 두께) / (IrMn층과 TbFeCo층의 전체 두께)	
IrMn 막 두께비	교환 결합 자계 (Oe)
0	490
0.3	480
0.5	480
0.7	480
1	460

[표 28]

자화 가능 온도에 관련된 IrMn 막 두께비	
IrMn 막 두께비	자화 가능 온도 (°C)
0	130
0.3	142
0.5	147
0.7	153
1	170

다음에, 이어서 준비된 상기한 자기 저항 효과 소자가 도 2와 도 3의 실드형 MR 센서에 적용되었다.

[실시예 B1]

도 2의 실드형 MR 센서의 자기 저항 효과 소자를 이용하여 NiFe로 된 하부 실드층과 알루미늄으로 된 하부 캡층을 갖는 헤드가 준비되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta (3nm), Ni82Fe18 (4nm), Cu (2.7), Co90Fe10 (2nm), Ni82Fe18 (1nm), 자화 고정층 (30nm), 및 Ta (3nm)로 된 층을 포함하고 있다. 이 소자는 포토레지스트 처리에 의해 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 의 크기로 처리되었다. 자화 고정층은 Ni46Mn54와 Fe50Mn50의 초격자였다. 초격자에서 각각의 NiMn층은 1.5nm의 막두께를 가지며, 각각의 FeMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화된 막이 형성된 후에, 패턴화된 막의 단부에 인접하도록 CoCrPt와 Mo하부 전극이 적용되었다. 알루미늄으로 상부 캡층이 형성되었고 NiFe로 상부 실드층이 형성되었다.

이러한 헤드는 슬라이더 처리(slinder processing)에 의해 도 4에 나타난 바와 같이 단일의 기록 재생 헤드 형태로 처리되었다. 데이타는 주 성분으로서 CoCrTa를 함유하는 기록 매체상에/로부터 기록되고 재생되며, 이 기록 매체는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙폭과, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기록갭과, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙폭 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독갭을 갖는다. 기록 헤드 블록은 2시간 동안 250.에서 포토 레지스터 경화 공정에 의해 준비된 코일부를 가지고 있다. 이러한 공정은 고정층의 자화 방향(소자 높이 방향으로 되어야함)과 자화 고정층의 자화 방향의 회전을 초래하여 스핀 벌브처럼 정확하게 동작을 디스에이블시킨다. 이를 극복하기 위해 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록의 형성 후에 이들 블록들은 1시간 동안 500 Oe의 자계에서 200.으로 자화 열 처리되었다. 자화 곡선에 따르면, 이러한 자화 열처리는 자유 자성층의 자화 용이축이 자화 방향으로의 거의 아무런 회전도 초래하지 않았음을 알 수 있다. 매체의 보자력은 2.5kOe로 설정되었다.

재생 출력은 변화된 기록 마크 길이에 따라 결정되었다. 이러한 테스트로 다음과 같은 바람직한 결과를 얻었다. 절반까지 재생 출력을 감소시키는 마크길이는 154 kFCI였다. 재생 출력(피크-피크)은 1.7mV였다. S/N 비는 27dB였다. 에러율은 10^{-4} 이하였다. 아무런 잡음도 관측되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 에러율은 2500 시간 동안 500 Oe로, 80°C의 환경 테스트 이후 변화되지 않은 상태로 남아있었다. 80°C의 주변 온도하에서 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 테스트로는 최고 1000시간 까지 저항 변화를 뿐만 아니라 저항값에서 아무런 변화도 나타나지 않았다.

[실시예 B2]

도 2의 실드형 MR 센서의 자기 저항 효과 소자를 이용하여 NiFe로 된 하부 실드층과 알루미늄으로 된 하부 캡층을 갖는 헤드가 준비되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta (3nm), Ni82Fe18 (4nm), Cu (2.7nm), Co90Fe10 (2nm), Ni82Fe18 (1nm), 자화 고정층 (30nm), 및 Ta (3nm)로 된 층을 포함하고 있다. 이 소자는 포토레지스트 처리에 의해 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 의 크기로 포토레지스트 처리되었다. 자화 고정층은 Ni46Mn54와 Pt50Mn50의 초격자였다. 초격자에서 각각의 NiMn층은 1.5nm의 막두께를 가지며, 각각의 PtMn층은 1.5nm의 막두께를 갖는다. 패턴화된 막이 형성된 후에, 패턴화된 막의 단부에 인접하도록 CoCrPt와 Mo하부 전극이 증착되었다. 알루미늄으로 상부 캡층이 형성되었고 NiFe로 상부 실드층이 형성되었다.

이러한 헤드는 슬라이더 처리에 의해 도 4에 나타난 바와 같이 단일의 기록 재생 헤드 형태로 처리되었다. 데이타는 주 성분으로서 CoCrTa를 함유하는 기록 매체상에/로부터 기록되고 재생되며, 이 기록 매체는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙폭과, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기록갭과, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙폭 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독갭을 갖는다. 기록 헤드 블록은 2시간 동안 250°C에서 포토 레지스터 경화 공정에 의해 준비된 코일부를 가지고 있다. 이러한 공정은 고정층의 자화 방향(소자 높이 방향으로 행해져야함)과 자화 고정층의 자화 방향의 회전을 초래하여 스핀 벌브처럼 정확하게 동작을 디스에이블시킨다. 이를 극복하기 위해 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록의 형성 후에, 이들 블록들은 1시간 동안 500 Oe의 자계에서 200°C로 자화 열처리되었다. 자화 곡선에 따르면, 이러한 자화 열처리는 자유 자성층의 자화 용이축이 자화 방향으로의 거

의 아무런 회전도 초래하지 않았음을 알 수 있다. 매체의 보자력은 2.5kOe로 설정되었다.

재생 출력은 변화된 기록 마크 길이에 따라 결정되었다. 이러한 테스트로 다음과 같은 바람직한 결과를 얻었다. 절반까지 재생 출력을 감소시키는 마크길이는 160 kFCI였다. 재생 출력(피크-피크)은 1.6mV였다. S/N 비는 26.9dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 아무런 잡음도 관측되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 에러율은 2500 시간 동안 500 Oe로, 80°C의 환경테스트 이후 변화되지 않은 상태로 남아 있었다. 80°C의 주변 온도하에서 2×10^7 A/cm²의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 테스트로는 최고 1000 시간 까지 저항 변화를 뿐만 아니라 저항값에서 아무런 변화도 나타나지 않았다.

[실시예 B3]

도 2의 실드형 MR 센서의 자기 저항 효과 소자를 이용하여 NiFe로 된 하부 실드층과 알루미늄으로 된 하부 캡층을 갖는 헤드가 준비되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta (3nm), Ni82Fe18 (4nm), Cu (2.7nm), Co90Fe10 (2nm), Ni82Fe18 (1nm), 자화 고정층 (30nm), 및 Ta (3nm)로 된 층을 포함하고 있다. 이 소자는 포토레지스트 처리에 의해 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 의 크기로 처리되었다. 자화 고정층은 Ni46Mn54와 Tb28Co72의 초격자였다. 초격자에서 각각의 NiMn층은 1.5nm의 막두께를 가지며, 각각의 TbCo층은 1.5nm의 막두께를 갖는다. 패턴화된 막이 형성된 후에, 패턴화된 막의 단부에 인접하도록 CoCrPt와 Mo 하부 전극이 증착되었다. 알루미늄으로 상부 캡층이 형성되었고 NiFe로 상부 실드층이 형성되었다.

이러한 헤드는 슬라이더 처리에 의해 도 4에 나타낸 바와 같이 단일의 기록/재생 헤드 형태로 처리되었다. 데이터는 주 성분으로서 CoCrTa를 함유하는 기록 매체상에/로부터 기록되고 재생되며, 이 기록 매체는 1.5 μm 의 기입 트랙폭과, 0.2 μm 의 기록갭과, 1.0 μm 의 판독 트랙폭 및 0.21 μm 의 판독갭을 갖는다. 기록 헤드 블록은 2시간 동안 250.에서 포토 레지스트 경화 공정에 의해 준비된 코일부를 가지고 있다. 이러한 공정은 고정층의 자화 방향(소자 높이 방향으로 행해져야함)과 자화 고정층의 자화 방향의 회전을 초래하여 스피ن 벌브처럼 정확하게 동작을 디스에이블시킨다. 이를 극복하기 위해 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록의 형성 후에, 이들 블록들은 1시간 동안 500 Oe의 자기장에서 200°C로 자화 열처리되었다. 자화 곡선에 따르면, 이러한 자화 열처리는 자유 자성층의 자화 용이축이 자화 방향으로의 거의 아무런 회전도 초래하지 않았음을 알 수 있다. 매체의 보자력은 2.5kOe로 설정되었다.

재생 출력은 변화된 기록 마크 길이에 따라 결정되었다. 이러한 테스트로 다음과 같은 바람직한 결과를 얻었다. 절반까지 재생 출력을 감소시키는 마크길이는 157 kFCI였다. 재생 출력(피크-피크)은 1.55mV였다. S/N 비는 26.4dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 아무런 잡음도 관측되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 에러율은 2500 시간 동안 500 Oe로, 80°C의 환경테스트 이후 변화되지 않은 상태로 남아 있었다. 80°C의 주변 온도하에서 2×10^7 A/cm²의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 테스트로는 최고 1000시간 까지 저항 변화를 뿐만 아니라 저항값에서 아무런 변화도 나타나지 않았다.

[실시예 B4]

도 2의 실드형 MR 센서의 자기 저항 효과 소자를 이용하여 NiFe로 된 하부 실드층과 알루미늄으로 된 하부 캡층을 갖는 헤드가 준비되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta (3nm), Ni82Fe18 (4nm), Cu (2.7nm), Co90Fe10 (2nm), Ni82Fe18 (1nm), 자화 고정층 (30nm), 및 Ta (3nm)로 된 층을 포함하고 있다. 이 소자는 포토레지스트 처리에 의해 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 의 크기로 처리되었다. 자화 고정층은 Ni46Mn54와 Tb30Fe30Co40의 초격자였다. 초격자에서 각각의 NiMn층은 1.5nm의 막두께를 가지며, 각각의 TbFeCo층은 1.5nm의 막두께를 갖는다. 패턴화된 막이 형성된 후에, 패턴화된 막의 단부에 인접하도록 CoCrPt와 Mo 하부 전극이 증착되었다. 알루미늄으로 상부 캡층이 형성되었고 NiFe로 상부 실드층이 형성되었다.

이러한 헤드는 슬라이더 처리에 의해 도 4에 나타낸 바와 같이 단일의 기록/재생 헤드 형태로 처리되었다. 데이터는 주 성분으로서 CoCrTa를 함유하는 기록 매체상에/로부터 기록되고 재생되며, 이 기록 매체는 1.5 μm 의 기입 트랙폭과, 0.2 μm 의 기록갭과, 1.0 μm 의 판독 트랙폭 및 0.21 μm 의 판독갭을 갖는다. 기록 헤드 블록은 2시간 동안 250°C에서 포토 레지스트 경화 공정에 의해 준비된 코일부를 가지고 있다. 이러한 공정은 고정층의 자화 방향(소자 높이 방향으로 행해져야함)과 자화 고정층의 자화 방향의 회전을 초래하여 스피ن 벌브처럼 정확하게 동작을 디스에이블시킨다. 이를 극복하기 위해 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록의 형성 후에, 이들 블록들은 1시간 동안 500 Oe의 자기장에서 200°C로 자화 열처리되었다. 자화 곡선에 따르면, 이러한 자화 열처리는 자유 자성층의 자화 용이축이 자화 방향으로의 거의 아무런 회전도 초래하지 않았음을 알 수 있다. 매체의 보자력은 2.5kOe로 설정되었다.

재생 출력은 변화된 기록 마크 길이에 따라 결정되었다. 이러한 테스트로 다음과 같은 바람직한 결과를 얻었다. 절반까지 재생 출력을 감소시키는 마크길이는 155 kFCI였다. 재생 출력(피크-피크)은 1.58mV였다. S/N 비는 26.3dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 아무런 잡음도 관측되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 에러율은 2500 시간 동안 500 Oe로, 80°C의 환경테스트 이후 변화되지 않은 상태로 남아 있었다. 80°C의 주변 온도하에서 2×10^7 A/cm²의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 테스트로는 최고 1000시간 까지 저항 변화를 뿐만 아니라 저항값에서 아무런 변화도 나타나지 않았다.

[실시예 B5]

도 2의 실드형 MR 센서의 자기 저항 효과 소자를 이용하여 NiFe로 된 하부 실드층과 알루미늄으로 된 하부 캡층을 갖는 헤드가 준비되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta (3nm), Ni82Fe18 (4nm), Cu (2.7nm), Co90Fe10 (2nm), Ni82Fe18 (1nm), 자화 고정층 (30nm), 및 Ta (3nm)로 된 층을 포함하고 있다. 이 소자는 포토레지스트 처리에 의해 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 의 크기로 처리되었다. 자화 고정층은 Ni46Mn54와 Ir20Mn80의 초격자였다. 초격자에서 각각의 NiMn층은 1.5nm의 막두께를 가지며, 각각의 IrMn층은 1.5nm의 막두께를 갖는다. 패턴화된 막이 형성된 후에, 패턴화된 막의 단부에 인접하도록 CoCrPt와 Mo 하부 전극이 증착되었다. 알루미늄으로 상부 캡층이 형성되었고 NiFe로 상부 실드층이 형성되었다.

이러한 헤드는 슬라이더 처리에 의해 도 4에 나타낸 바와 같이 단일의 기록/재생 헤드 형태로 처리되었

다. 데이터는 주 성분으로서 CoCrTa를 함유하는 기록 매체상에/로부터 기록되고 재생되며, 이 기록 매체는 1.5 μm 의 기입 트랙폭과, 0.2 μm 의 기입 갭, 1.0 μm 의 판독 트랙폭 및 0.21 μm 의 판독 갭을 갖는다. 기록 헤드 블록은 2시간 동안 250°C에서 포토 레지스트 경화 공정에 의해 준비된 코일부를 가지고 있다. 이러한 공정은 고정층의 자화 방향(소자 높이 방향으로 행해져야 함)과 자화 고정층의 자화 방향의 회전을 초래하여 스펀 벌브처럼 정확하게 동작을 디스에이블시킨다. 이를 극복하기 위해 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록의 형성 후에, 이들 블록들은 1시간 동안 500 Oe의 자계에서 200°C로 자화 열처리되었다. 자화 곡선에 따르면, 이러한 자화 열처리는 자유 자성층의 자화 용이축이 자화 방향으로 거의 아무런 회전도 초래하지 않았음을 알 수 있다. 매체의 보자력은 2.5kOe로 설정되었다.

재생 출력은 변화된 기록 마크 길이에 따라 결정되었다. 이러한 테스트로 다음과 같은 바람직한 결과를 얻었다. 절반까지 재생 출력을 감소시키는 마크 길이는 158 kFCI였다. 재생 출력(피크-피크)은 1.75mV였다. S/N 비는 26dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 아무런 잡음도 관측되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 에러율은 2500 시간 동안 500 Oe로, 80°C의 환경 테스트 이후 변화되지 않은 상태로 남아 있었다. 80°C의 주변 온도하에서 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 테스트로는 최고 1000 시간 까지 저항 변화를 뿐만 아니라 저항값에서 아무런 변화도 나타나지 않았다.

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 갭층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다. 이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 Pt50Mn50 및 Fe50Mn50의 초격자였다. 초격자에서, 각 PtMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖고, 각 FeMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 갭층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이터는 1.5 μm 의 기입 트랙 폭, 0.2 μm 의 기입 갭, 1.0 μm 의 판독 트랙폭, 및 0.21 μm 의 판독 갭을 갖춘, 주 요소로서 CoCrTa를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스펀 벌브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자계에서 200°C로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서로 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 165kFCI였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.78mV였다. S/N비는 27.7dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 상기 에러율은 2500시간 동안 80°C로, 5000e의 환경 시험 후 변화없이 유지되었다. 80°C의 순환 온도하에서 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 시험은 1000시간까지의 저항 변화만큼 저항값의 변화가 없게 되었다.

[실시예 B7]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 갭층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다. 이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 Pt50Mn50 및 Tb28Co72의 초격자였다. 초격자에서, 각 PtMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖고, 각 TbCo층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 갭층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이터는 1.5 μm 의 기입 트랙 폭, 0.2 μm 의 기입 갭, 1.0 μm 의 판독 트랙폭, 및 0.21 μm 의 판독 갭을 갖춘, 주 요소로서 CoCrTa를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스펀 벌브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자계에서 200°C로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서로 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 165kFCI였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.77mV였다. S/N비는 27.9dB였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 상기 에러율은 2500시간 동안 80°C로, 5000e의 환경 시험 후 변화없이 유지되었다. 80°C의 순환 온도하에서 $2 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 시험은 1000시간까지의 저항 변화만큼 저항값의 변화가 없게 되었다.

[실시예 B8]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 갭층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다.

이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 Pt50Mn50 및 Tb30Fe30Co40의 초격자였다. 초격자에서, 각 PtMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖고, 각 TbFeCo층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 캡층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이터는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙 폭, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기입 갭, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙, 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독 갭을 갖춘, 주요소로서 CoCrTa를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C 로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스펀 밸브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자계에서 200°C 로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서인 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe 로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 164kFCI 였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.73mV 였다. S/N비는 27.2dB 였다. 에러율은 10^{-5} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 상기 에러율은 2500시간 동안 80°C 로, 5000e의 환경 시험 후 변화없이 유지되었다. 80°C 의 순환 온도하에서 $2 \times 10^7\text{A/cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 시험은 1000시간까지의 저항 변화만큼 저항값의 변화가 없게 되었다.

[실시예 89]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 캡층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다. 이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 Ir20Mn80 및 Fe50Mn50의 초격자였다. 초격자에서, 각 IrMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖고, 각 FeMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 캡층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이터는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙 폭, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기입 갭, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙, 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독 갭을 갖춘, 주요소로서 CoCrTa를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C 로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스펀 밸브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자계에서 200°C 로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서인 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe 로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 160kFCI 였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.70mV 였다. S/N비는 27.1dB 였다. 에러율은 10^{-5} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다.

[실시예 810]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 캡층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다. 이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 Ir20Mn80 및 Tb28Co72의 초격자였다. 초격자에서, 각 IrMn층은 1.5nm의 막 두께를 갖고, 각 TbCo층은 1.5nm의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 캡층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이터는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙 폭, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기입 갭, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙, 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독 갭을 갖춘, 주요소로서 CoCrTa를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C 로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스펀 밸브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자계에서 200°C 로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서인 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe 로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 158kFCI 였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.71mV 였다. S/N비는 26.8dB 였다. 에러율은 10^{-5} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다.

[실시예 811]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 캡층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta층(3nm), Ni82Fe18층(4nm), Cu층(2.7nm), Co90Fe10층(2nm), Ni82Fe18층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta층(3nm)으로 이루어져 있다.

이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ 및 $\text{Tb}_{30}\text{Fe}_{70}\text{Co}_{40}$ 의 초격자이다. 초격자에서, 각 IrMn 층은 1.5nm 의 막 두께를 갖고, 각 TbFeCo 층은 1.5nm 의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt 와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 갭층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe 로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이타는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙 폭, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기입 갭, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙, 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독 갭을 갖춘, 주요소로서 CoCrTa 를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C 로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스프인 벌브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자기에서 200°C 로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서인 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe 로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 156kFCI 였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.62mV 였다. S/N비는 26.5dB 였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다.

[실시예 12]

도 2의 실드형 MR 센서에서의 자기 저항 효과 소자를 사용해 NiFe 의 하위 실드층과 알루미늄의 하위 갭층을 갖는 헤드가 마련되었다. 실제로 사용된 자기 저항 효과 소자는 Ta 층(3nm), $\text{Ni}_{82}\text{Fe}_{18}$ 층(4nm), Cu 층(2.7nm), $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 층(2nm), $\text{Ni}_{82}\text{Fe}_{18}$ 층(1nm), 자화 고정층(30nm), 및 Ta 층(3nm)으로 이루어져 있다. 이것은 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 크기로 포토레지스트 처리법에 의해 처리된다. 자화 고정층은 $\text{Ni}_{46}\text{Mn}_{54}$ 및 $\text{Tb}_{28}\text{Co}_{72}$ 의 초격자이다. 초격자에서, 각 NiMn 층은 1.5nm 의 막 두께를 갖고, 각 TbCo 층은 1.5nm 의 막 두께를 갖는다. 패턴화막이 형성된 후, CoCrPt 와 Mo 하위 전극이 상기 패턴화막의 단부에 인접하도록 적층되어 있다. 상위 갭층은 알루미늄으로 형성되고, 상위 실드층은 NiFe 로 형성된다.

이 헤드는, 도 4에 도시된 바와 같이 슬라이더 처리를 갖춘 단일 기록/재생 헤드로 처리되었다. 데이타는 $1.5 \mu\text{m}$ 의 기입 트랙 폭, $0.2 \mu\text{m}$ 의 기입 갭, $1.0 \mu\text{m}$ 의 판독 트랙, 및 $0.21 \mu\text{m}$ 의 판독 갭을 갖춘, 주요소로서 CoCrTa 를 포함하는 기록 매체에/로부터 기록되고, 재생된다. 라이트 헤드 블록은 2시간 동안 250°C 로 포토레지스트 경화 공정에 의해 마련된 코일부를 갖는다. 이 공정은 자화 고정층의 자화 방향과 고정층의 자화 방향(이 방향은 소자 높이 방향에 있어야 함)을 순환하게 하여 스프인 벌브로서 정확하게 동작하는 것을 억제한다. 이를 극복하기 위해, 재생 헤드 블록과 기록 헤드 블록을 형성한 후, 5000e 자기에서 200°C 로 1시간 동안 자화 열처리된다. 자화 곡선에 따르면, 이 자화 열처리는 자화 방향으로 자유 자성층의 순서인 자화축의 순환이 거의 없게 한다. 상기 매체의 보자력은 2.5kOe 로 셋팅되었다.

재생 출력은 기록 마크 길이 변화로 결정되었다. 이 시험은 다음의 양호한 결과들을 가져왔다. 재생 출력을 반으로 줄이는 마크 길이는 157kFCI 였다. 재생 출력(피크 대 피크)은 1.64mV 였다. S/N비는 26.9dB 였다. 에러율은 10^{-6} 이하였다. 노이즈는 관찰되지 않았다. 바람직한 파형이 얻어졌다. 상기 에러율은 2500시간 동안 80°C 로, 5000e 의 환경 시험 후 변화없이 유지되었다. 80°C 의 순환 온도하에서 $2 \times 10^7\text{A}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도를 갖는 전류 전도 시험은 1000시간까지의 저항 변화만큼 저항값의 변화가 없게 되었다.

다음에, 본 발명에 따라 제작된 자기 디스크 장치에 대해 설명할 것이다.

자기 디스크 장치는 기저부상에 3개의 디스크를 갖는다. 기저부의 배면상에는, 헤드 구동 회로와, 신호 처리 회로, I/O 인터페이스가 제공되어 있다. 자기 디스크 장치는 32비트 버سخ션으로 외부 장치에 접속되어 있다. 6개의 헤드는 상기 자기 디스크의 양측면에 제공되어 있다. 상기 자기 디스크 장치는, 헤드를 구동하기 위한 회전 액츄에이터와, 그의 구동 및 제어 회로, 디스크 회전 스피들에 직접 연결된 모터로 더 구비하고 있다. 상기 디스크는 46mm 의 지름을 갖고, 10mm 지름에서 40mm 지름 범위에서 데이터판을 갖는다. 서보 표면을 갖지 않는 매립형 서보법이 사용되어 고기록 밀도를 얻을 수 있다.

이 자기 디스크 장치는 소형 컴퓨터의 외부 저장 장치처럼 직접 접속될 수 있다. I/O 인터페이스는 5 내지 $20\text{M바이트}/\text{초}$ 범위의 전송율을 갖는 버سخ션에 대응하는 캐시 메모리를 포함한다. 특히, 복수의 상기 자기 디스크 장치를 접속하기 위해 외부 제어기를 제공함으로써 대용량 자기 디스크 장치를 이룰 수 있다.

발명의 효과

본 발명은 단방향으로 정렬될 수 있는 자기 저항 효과 소자에서 온도를 변화시켜 자화 고정층의 자화 방향을 자유롭게 변화시킬 수 있다. 이것은 기록/재생 헤드의 준비 후 자화 고정층의 자화 온도를 변화시킬 수 있게 한다. 결과적으로, 자화에 기인하는 순서인 자화축에서 자유 자성층의 손상을 줄일 수 있고, 노이즈가 적고 높은 환경 저항(environment resistance)을 갖는 뛰어난 기록/재생 특성을 갖는 자기 기억 시스템을 얻을 수 있다.

본 발명은 그 사상 또는 필수 특성에서 벗어나지 않는 다른 명세서 형태로 실시되어도 된다. 그러므로, 본 실시예들은 묘사로서 한정되지 않고 모든 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 요지는 전술된 설명보다는 첨부된 청구항에 의해 지적되어지며, 그러므로 상기 청구항의 같은 의미와 범위 안에 포함되는 내에서의 모든 변형이 가능하다.

명세서, 청구항, 도면 및 요약서를 포함하는 일본 특허 공개 공보 제9-330499호(1997년 12월 1일 출원됨)의 전문은 그 전체를 참조함으로써 설명되어 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1. 자기 저항(MR) 효과 소자에 있어서,

자유 자성층(free magnetic layer);

비자성층(non-magnetic layer);

고정 자성층(fixed magnetic layer); 및

상기 고정 자성층의 자화(magnetization)를 고정시키기 위해 적어도 2개의 다른 재료로 구성된 초격자(superlattice)로 된 자화 고정층(magnetization-fixing layer)

을 갖는 기본층 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자.

청구항 2. 제1항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층(antiferromagnetic layer)들의 조합으로 된 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자.

청구항 3. 제1항에 있어서, 상기 자화 고정층은 페리 자성층(ferrimagnetic layer)들의 조합으로 된 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자.

청구항 4. 제1항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층과 페리 자성층의 조합으로 된 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자.

청구항 5. 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및 상기 고정 자성층의 자화를 고정시키기 위한 자화 고정층의 기본층 구성을 갖는 MR 효과 소자를 생성하기 위한 자기-저항(MR) 효과 소자 제조 방법에 있어서,

상기 자화 고정층은 적어도 2개 재료로 구성된 초격자이고,

상기 각각의 재료는 상기 자화 고정층의 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절하도록 제어된 두께의 층으로 형성되는

것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 6. 제5항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층인 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 7. 제5항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 페리 자성층인 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 8. 제5항에 있어서, 상기 자화 고정층은 강자성층과 금속 페리 자성층과의 조합으로 된 것을 특징으로 하는 자기 저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 9. 실드형(shield-type) 자기 저항 효과 센서에 있어서,

기판;

상기 기판 상에 형성된 패터화된 하부 실드층;

상기 하부 실드층 상에 형성된 하부 갭층;

패터화된 자기 저항(MR) 효과 소자;

상기 MR 효과 소자의 단부들에 인접하여 형성된 수직 바이머스층;

상기 수직 바이머스층 상에 형성된 하부 전극층;

상기 하부 전극층 상에 형성된 상부 갭층; 및

상기 상부 갭층 상에 형성된 상부 실드층을 포함하되,

상기 MR 효과 소자는 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및 적어도 두개의 재료로 구성된 초격자로서의 자화 고정층을 갖는 기본층 구조로 이루어지고,

상기 각각의 재료는 상기 자화 고정층의 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절하도록 제어된 두께의 층으로 형성되는

것을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

청구항 10. 제9항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층인 것을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

청구항 11. 제9항에 있어서, 상기 자화 고정층은 페리 자성층인 것을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

청구항 12. 제9항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층과 페리 자성층의 조합으로 된 것을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

청구항 13. 실드형 자기 저항 효과 센서에 있어서,

기판;

상기 기판 상에 형성된 패터화된 하부 실드층;

상기 하부 실드층 상에 형성된 하부 갭층;
 패턴화된 자기 저항(MR) 효과 소자;
 상기 MR 효과 소자를 부분적으로 피복하도록 형성된 수직 바이어스층;
 상기 수직 바이어스층 상에 형성된 하부 전극층;
 상기 하부 전극층 상에 형성된 상부 갭층; 및
 상기 상부 갭층 상에 형성된 상부 실드층을 포함하되,
 상기 MR 효과 소자는 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및 적어도 두개의 재료- 상기 각각의 재료는
 상기 자화 고정층의 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절하도록 제어된 두개의 층으로 형성됨-로
 구성되는 초격자로서의 자화 고정층을 갖는 기본층 구조를 포함하는
 것을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

청구항 14. 제13항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 페리 자성층인 것을 특징으로 하는 실드형 자
 기 저항 효과 센서.

청구항 15. 제13항에 있어서, 상기 자화 고정층은 페리 자성층인 것을 특징으로 하는 실드형 자기 저
 항 효과 센서.

청구항 16. 제13항에 있어서, 상기 자화 고정층은 금속 반강자성층과 페리 자성층의 조합으로 된 것
 을 특징으로 하는 실드형 자기 저항 효과 센서.

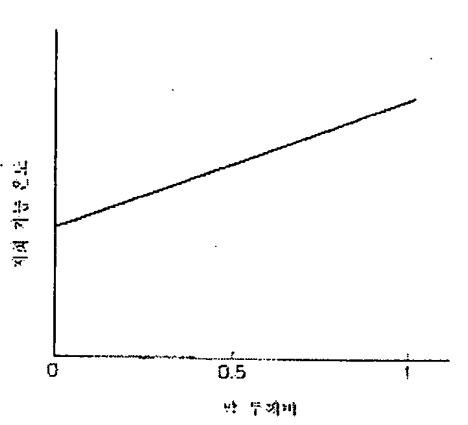
청구항 17. 자기 저항 검출 시스템에 있어서,
 자기 저항(MR) 효과 센서;
 상기 자기 저항 효과 센서로 흐르는 전류를 발생하기 위한 전원; 및
 상기 자기 저항 효과 센서의 자기 저항 변화를 검출된 자계의 함수로서 검출하기 위한 자기 저항 변화
 센서를 포함하되,
 상기 MR 효과 센서는 기판; 패턴화된 하부 실드층; 하부 갭층; 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및
 적어도 두개의 재료- 상기 각각의 재료는 상기 자화 고정층의 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절
 하도록 제어된 두개의 층으로 형성됨-로 구성되는 초격자로서의 자화 고정층을 갖는 기본층 구조의 패턴
 화된 자기 저항 효과 소자; 상기 MR 효과 소자의 단부들에 인접하여 형성된 수직 바이어스층; 상기 수직
 바이어스층 상에 형성된 하부 전극층; 상부 갭층; 및 상부 실드층을 포함하는
 것을 특징으로 하는 자기 저항 검출 시스템.

청구항 18. 자기 저항 검출 시스템에 있어서,
 자기 저항(MR) 효과 센서;
 상기 자기 저항 효과 센서로 흐르는 전류를 발생하기 위한 전원; 및
 상기 자기 저항 효과 센서의 자기 저항 변화를 검출된 자계의 함수로서 검출하기 위한 자기 저항 변화
 센서를 포함하되,
 상기 MR 효과 센서는 기판; 패턴화된 하부 실드층; 하부 갭층; 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및
 적어도 두개의 재료- 상기 각각의 재료는 상기 자화 고정층의 자화 방향을 회전시키게 하는 온도를 조절
 하도록 제어된 두개의 층으로 형성됨-로 구성되는 초격자로서의 자화 고정층을 갖는 기본층 구조의 패턴
 화된 자기 저항 효과 소자; 상기 MR 효과 소자를 부분적으로 피복하기 위해 형성된 수직 바이어스층; 상
 기 수직 바이어스층 상에 형성된 하부 전극층; 상부 갭층; 및 상부 실드층을 포함하는
 것을 특징으로 하는 자기 저항 검출 시스템.

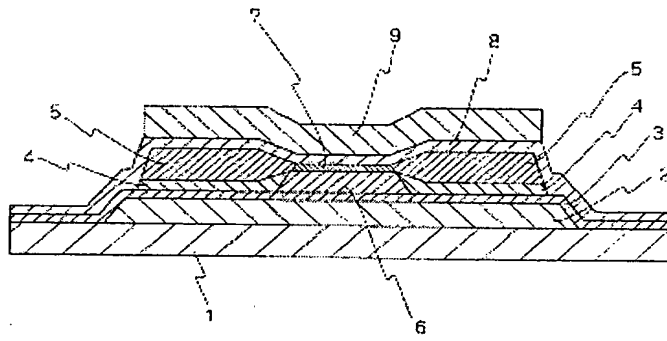
청구항 19. 자기 기억 시스템(magnetic storage system)에 있어서,
 데이터를 기록하기 위한 복수의 트랙들을 갖는 자기 기억 매체;
 자기 기록 매체 상에 데이터를 저장하기 위한 자기 기록 시스템;
 자기 저항 효과 센서, 상기 자기 저항 효과 센서 내로 흐르는 전류를 발생하기 위한 전원, 및 자기-저항
 비 변화 검출 센서를 갖는 자기 저항 검출 시스템; 및
 상기 자기 기록 시스템과 상기 자기 저항 검출 시스템을 상기 자기 기억 매체 상의 선택된 트랙으로 이
 동시키기 위한 액추에이터(actuator)를 포함하되,
 상기 자기 저항 효과 소자는 자유 자성층, 비자성층, 고정 자성층, 및 적어도 두개의 재료로 구성된 초
 격자로 이루어진 자화 고정층을 포함하는
 것을 특징으로 하는 자기 기억 시스템.

도면

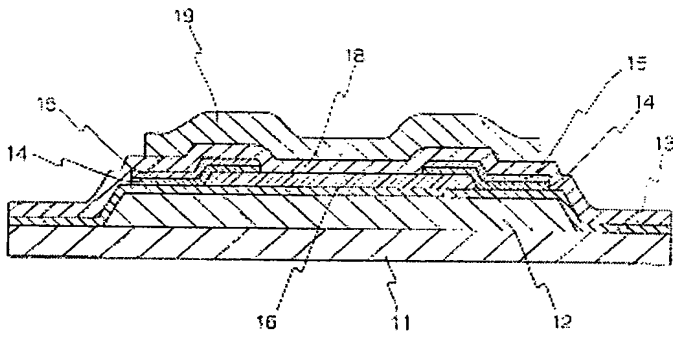
도면1



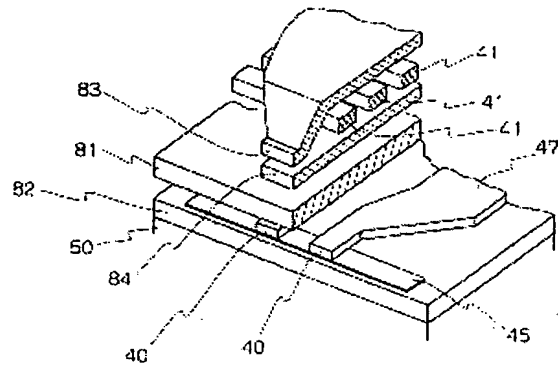
도면2



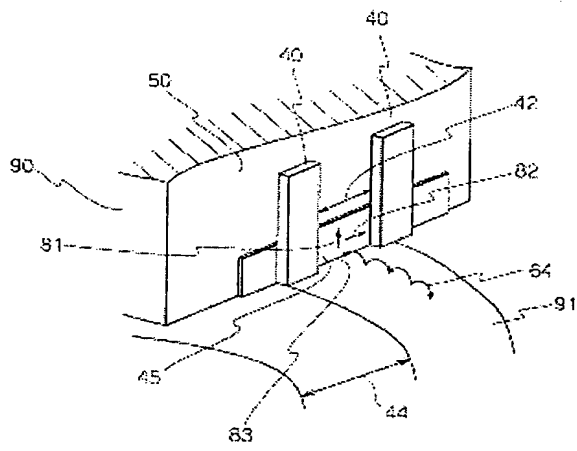
도면3



도면4



도면5



도면8

